

УДК 504.062

Н.П.ГОРОХ

ГКП «Харьковкоммуночиствод»

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Анализируются объемы размещения муниципальных отходов как потенциальные источники загрязнения окружающей среды вредными веществами.

Твердые бытовые отходы (ТБО), наряду с промышленными, являются одним из основных источников загрязнения природной среды в городах и на прилегающих территориях. Это связано, с одной стороны, с высоким содержанием химических, в том числе токсичных веществ в отходах, с другой – с многообразием и большими объемами образующихся отходов.

Количество ТБО, ежегодно образующихся на территории Украины, составляет около 11 млн. т. Основная масса из них складывается на полигонах ТБО, и лишь незначительная часть – около 1% – перерабатывается на опытно-экспериментальных производствах малой мощности (на примере ООО «Харьковвторполимер» в г.Харькове). Местоположение, обустройство и условия эксплуатации большинства полигонов не соответствуют нормативным требованиям, что усугубляет экологическую опасность этих объектов.

Субстраты полигонов ТБО обычно представлены смесью повседневных бытовых отходов потребления, строительного мусора, отходов ухода за зелеными насаждениями. Кроме того, на полигоны ТБО поступают разнообразные промышленные отходы, поскольку нормативными документами допускается их складирование на полигонах ТБО в количестве, не превышающем 30% от общего их объема.

Из-за разнообразия поступающих на полигоны ТБО и неоднородности морфологического состава идентифицировать источники поступления и оценить химический состав отходов возможно лишь весьма ориентировочно. Более точное представление о химическом составе ТБО можно составить по химическому составу компоста.

Говоря о комбинированном компосте из бытовых отходов, подразумеваются продукты, основу которых должна составлять значительная часть органических веществ, в то время как содержание вредных веществ должно быть минимальным.

Результаты апробирования компоста мусороперерабатывающих заводов (Минск, Республика Беларусь, 1990 г.) свидетельствуют о значительном их обогащении по сравнению с незагрязненной почвой (по-

казатель K_o) Cd ($K_o = 452$), Pb (66,7), Cu (29,2) и Zn (17,3). Повышено в них также содержание Cr ($K_o = 9,2$) и Mo (3,2).

Источником поступления Cd, Pb, Zn, Cu и других тяжелых металлов на полигоны ТБО является также смет с промплощадок и городских улиц. Как показали исследования, содержание Cd в смете с промплощадок и улиц значительно выше, чем в почве (соответственно в 60,7 и 14,5 раз). Для Pb, Cu и Zn превышения значительно ниже – 1,5-4,7 раза. Аналогичный характер загрязнения характерен для твердого осадка снеговых вод, который также выделяется накоплением Cd ($K_o = 28,3$).

Разнообразие бытовых и промышленных отходов, поступающих на полигоны ТБО, обусловило значительные различия в содержании химических элементов в складировемых субстратах. Апробирование мелких фракций муниципальных отходов на многочисленных полигонах позволяет выявить значительный диапазон содержания тяжелых металлов в субстратах ТБО: Cd – от 9,5 до 1290 мг/кг; Cu – от 5,0 до 20000; Ni – от 4,0 до 512; Zn – от 34,6 до 7680; Mn – от 65,0 до 1212; Cr – от 10,4 до 2797; V – от 8,9 до 914,8; Ti – от 210 до 6200; Co – от 2,0 до 242,3; Sn – от 2,7 до 279,7 мг/кг. По сравнению с незагрязненными почвами субстраты полигонов ТБО наиболее обогащены Cu (до 1500 раз), Cd (до 408 раз), Zn (до 219 раз), Pb (до 107 раз), Cr (до 78 раз), Co (до 40 раз), V (до 27 раз), Ni (до 25 раз).

Изучение содержания микроэлементов в фильтрах полигонов ТБО также позволило выявить большой диапазон значений: от минимальных (ниже пределов обнаружения) до максимальных – в 100 и более раз превышающих содержание в незагрязненных грунтовых водах (табл.1). Сопоставление полученных данных с ПДК свидетельствует об опасном уровне загрязнения фильтратов Mn, Hg, Ni, Cu и Pb.

Таблица 1 – Концентрация тяжелых металлов в отходах и фракциях

Металлы	Свинец	Медь	Цинк	Хром	Никель	Кадмий	Ртуть
Частные домовладения	128	140	446	46	20	1,8	0,1
Малозэтажные здания	945	365	619	68	37	3,5	0,2
Высотные здания	295	225	324	42	21	1,0	0,1
ТБО	983	415	2417	107	53	1,0	0,12
ТБО и промышленные отходы	569	1121	1846	98	85	3,8	0,62
	403	2759	2290	70	39	4,0	0,8
Биогенные отходы	276	2291	1808	101	54	5,9	1,39

Таким образом, вокруг полигонов ТБО существует опасность загрязнения окружающей среды за счет выноса загрязняющих веществ от удаляемых фильтратов из тела полигонов, а также при контакте ат-

мосферных осадков с субстратами полигонов. Уменьшения опасности можно достичь, прежде всего, недопущением складирования токсичных отходов на полигонах, а также улучшением экологической инфраструктуры полигонов. Решению проблем химического состава вредных веществ в составе твердых бытовых отходов посвящено множество работ отечественных и зарубежных ученых [1, 2].

Морфологический состав муниципальных отходов. Состав муниципальных отходов в большинстве регионов Украины в последнее время значительно изменился.

По данным исследований морфологического состава твердые бытовые отходы, образующиеся в г.Харькове, в среднем содержат (в % по массе):

- в жилом секторе: пищевые отходы – 54,07%, бумага и картон – 7,61%, полимеры – 7,71%, стекlobой – 6,3%, черные металлы – 2,18%, цветные металлы – 0,23%;
- на предприятиях непроизводственной сферы (нежилой сектор): пищевые отходы – 22,68%; бумага и картон – 29,84%; полимеры – 11,91%; стекlobой – 10,72%; черные металлы – 2,7%; цветные металлы – 2,165% (рис.1).

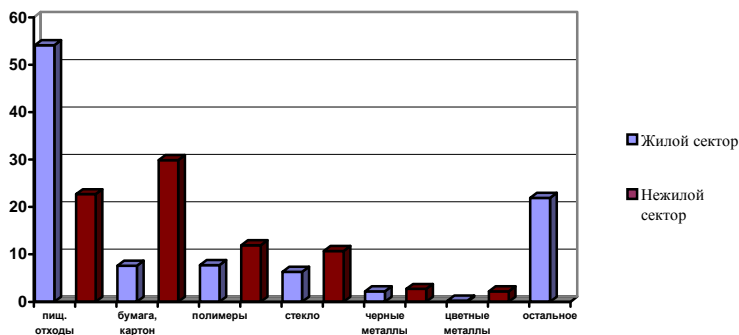


Рис. 1 – Фракционный состав ТБО г.Харькова (в % по массе) в жилом и нежилом секторах

Появились такие новые фракции в составе ТБО как посуда разового использования, полимерная упаковка, картонная тара и упаковка с нанесенной цветной печатью. Гибкая упаковка в основной своей массе изготавливается из полимерных материалов с уникальными свойствами. В этом и есть проблема. Все существующие ныне технологии получения полимеров рассчитаны на нефтяное сырье. Кроме того, утилизировать полимеры сложнее всего. Действительно, на со-

временном этапе своего развития полимерная упаковка требует особого внимания. Например, есть полимеры, которые прекрасно «уживаются» с жирами, но тот же широко применяемый в гибкой упаковке полиэтилен может быть менее прочен при контакте с маслом как результат физико-химической деструкции.

Среди широкого многообразия применяемых в качестве упаковочных материалов традиционными и самыми популярными остаются бумага и картон – их доля составляет порядка 40%. Чтобы упаковка из картона и бумаги приобрела необходимые защитные (барьерные) свойства от воздействия влаги и жира, производится обработка бумажной (волокнуистой) основы путем размола волокнуистой массы с применением специальных химических веществ (реагентов) и поливинилового спирта, что, в свою очередь, «обогащает» ТБО вредными веществами, в составе накопления использованной упаковки как результат первоначального ее декорирования различными красителями и пигментами. Директивой № 94/62/ЕС в целях предотвращения загрязнения окружающей среды в исходной повестке дня предусмотрен вопрос о концепции дополнительных превентивных мер по исследованию возможного экологического индикатора упаковки и мерах по снижению содержания в ней тяжелых металлов и других опасных веществ к 2010 г.

На рис.2 изображена классификация составляющих ТБО на основе влажной субстанции с точки зрения их возможного применения. Черными столбцами обозначены фракции, которые представляют особый интерес для термической обработки, белыми столбцами обозначены фракции, применение которым можно найти при биологическом использовании, а серые столбцы – с одной стороны инертные, а с другой – не используемые фракции.

Конечно, границы применения этих материалов различны, так как, если бы было оптимизировано термическое использование, то было бы рационально фракцию растительной органики, а также текстиль, бумагу, древесину и кожу утилизировать термическим методом при условии, что эти фракции будут с минимальным содержанием влаги.

Также возможно введение в биологическое использование других фракций (например, для брожения). Особенно упаковка и мелкие отходы рассматриваются как исходные материалы для анаэробного сбраживания.

Фракции, пригодные как к термическому, так и к биологическому применению, – это фракции с высоким содержанием органических веществ (высокие термопотери).

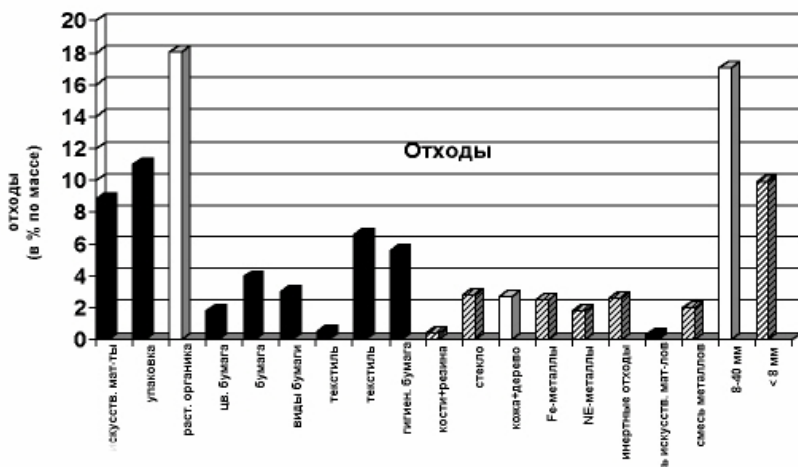


Рис. 2 – Состав отходов с большим потенциалом применения

Твердые бытовые отходы как потенциальный источник загрязнения среды. Наличие вредных веществ в бытовых отходах было признано проблемой в те года, когда доминирующим направлением в переработке отходов было производство компоста из бытовых отходов. Концентрация свинца в готовом компосте была 0,5-1 г на 1 кг сухого вещества и считалась допустимой (табл.1).

В 90-е годы XX ст. надзор за предприятиями-производителями компоста позволил установить предельное значение содержания тяжелых металлов в комбинированном компосте и подтвердил усиление редукции тяжелых металлов. Анализ концентрации тяжелых металлов в отходах показал, что ситуация, сложившаяся в годы производства комбинированного компоста (это производство прекратилось в ФРГ, Беларуси в 90-х годах), только ухудшилась. Это связано, предположительно, с тем, что фракции с относительно низким содержанием вредных веществ (макулатура, бумага, резина, ветошь, полимеры) стали приниматься в больших количествах методом селективного сбора, а фракции с большим содержанием вредных веществ отошли, как бы, на второй план.

Из принципиально возможных путей наличия вредных веществ в бытовых отходах можно выделить следующие:

- посредством второстепенной нагрузки растительной ткани (фракция живой растительной органики);
- посредством второстепенной нагрузки горных пород и грунта

(отчасти присутствует в мелких отходах);

- посредством влажной и сухой депозиции (значимо отчасти для фракции живой органики, а также для мелких отходов);
- посредством географической близости исходных материалов к путям сообщения (значимо отчасти для фракции живой природы, а также для мелких отходов);
- посредством поступления специфических веществ (например, содержание тяжелых металлов в газетной бумаге, искусственных материалах, содержание диоксида в белой хлором бумаге);
- посредством частиц металла, сплавов и оксидов (значимо, прежде всего, для фракции средних и мелких отходов, частично также для всех других сортированных фракций).

Первые четыре пути практически не играют особой роли. Ни нацеленные варианты подбора, ни применение метода обогащения не приведут к редукции вредных веществ, но при расчете экологического риска должны учитываться.

Второстепенная нагрузка растительной ткани, горных пород и грунта. Для тяжелых металлов, таких как цинк, медь, никель и хром невозможна «нулевая концентрация» в растительной ткани и, следовательно, в компосте, так как речь идет о важных элементах, которые являются обязательными для роста растений и, следовательно, находятся в них. Кроме того, встречаются и другие тяжелые металлы, которые считаются несущественными, но все-таки были обнаружены в различных количествах в растительном материале. В данном случае речь идет о «естественных второстепенных концентрациях», как их называют в научной литературе.

По данным исследований университета органической химии г.Тюбинген (Швейцария, 1998 г.) при производстве компоста из растительной органики были выделены тяжелые металлы, превышающие допустимые нормы на 3-7 единиц (табл.2).

Таблица 2 – Тяжелые металлы в растениях

	Дикая растительность, мг/кг	Овощи, мг/кг
Свинец	1-13	0,2-20
Медь	5-15	4-20
Цинк	20-400	1-160
Хром	0,03-10	0,02-14
Никель	1-5	0,02-4
Кадмий	0,1-2,4	0,05-0,9
Ртуть	0,005-0,02	0,013-0,17

Превышение норм втягивания вредных веществ в данном случае

возможно посредством садовых отходов и отходов урожая и особенно илового осадка с полей фильтрации биологических очистных сооружений. Иногда такое случайное или целенаправленное попадание грунта в бытовые отходы может сыграть значительную роль в содержании тяжелых металлов в этих отходах.

Особую второстепенную нагрузку представляет собой втягивание тяжелых металлов посредством пыли. Высокой концентрацией тяжелых металлов обладает как депозиционная, так и летучая пыль улично-го смета городов и поселков городского типа.

Специфическим источником тяжелых металлов, возможно в будущем более значительным, является вовлечение древесины, которая может содержать огромное количество как неорганических (количество защитного покрытия до 10 кг на 1 м³ древесины), так и органических вредных веществ (количество защитного покрытия до 400 кг на 1 м³ древесины) (табл.3).

Таблица 3 – Чрезмерная нагрузка тяжелыми металлами древесины

	Проба 1, мг/кг	Проба 2, мг/кг
Свинец	3	0
Медь	586	438
Цинк	11	10
Хром	1553	734
Никель	3	1
Кадмий	0,16	< 0,05
Ртуть	0,14	0,02

В бытовые отходы могут сдаваться:

- заборы, ограждавшие сады и парки, которые могли быть пропитаны как препаратами, содержащими дегтярное масло с добавлением органических биологически активных веществ, так и солями, содержащими хром, медь и мышьяк;
- натяжные плиты, которые могут содержать вредные вещества;
- садовая мебель и парковые скамейки, которые могут содержать хром, медь, мышьяк, а также органические биологически активные вещества.

Географическая близость исходных материалов к путям сообщения. Автомобильный транспорт является источником загрязнения тяжелыми металлами исходных материалов, так же, как и материалы растительного происхождения загрязняются уличной пылью. В зависимости от интенсивности движения автомагистралей возрастает содержание цинка и кадмия в растениях. Из табл.4 видны источники выделения этих металлов при использовании автомобилей.

Таблица 4 – Тяжелые металлы, выделяющиеся при эксплуатации грузовых автомобилей

Металл	Цинк	Кадмий
Источник	Оцинкованные топливные баки, трубопроводы, содержащие цинк присадки, например, дитиофосфат цинка в смазочных маслах, оксид цинка при сжигании покрышек колес	Кадмий в дизельных маслах, обработанные кадмием поверхности деталей, отвечающих за безопасность, как составная часть содержащих цинк предметов

Кадмий может проникать в растения как через поверхность листьев, так и через корневую систему. У некоторых видов растений впитывание кадмия из воздуха может составлять более трети всей нагрузки. Таким образом, растения, высаженные вблизи дорог, имеют особенно сильный аккумулятивный потенциал по отношению к этому тяжелому металлу. Кадмий, содержащийся в опавших листьях, может проникать в корни растений одновременно с кадмием, содержащимся в грунте.

Цинк может накапливаться в надземных частях растения. Близость к путям сообщения приводит, прежде всего, к поверхностной депозиционной нагрузке.

Если несколько лет назад 90-95% антропогенного поступления свинца происходило в результате сжигания автомобильного топлива, содержащего свинец, то после использования бензина, не содержащего свинец, стало возможным не указывать соотношение интенсивности движения и свинцовой нагрузки на грунт и растения.

Источники органических вредных веществ. Улетучивающиеся органические вредные вещества, как правило, попадают в отходы отчасти с применяемыми согласно предписанию предметами потребления:

- аэрозольные баллончики (от лака для волос до средства для уничтожения насекомых);
- бутылки от растворителей;
- ветошь, тряпки, пропитываемые растворами для обезжиривания рабочего инструмента.

Эти вредные вещества, обнаруживаемые в газах свалок, создают дополнительную антропогенную нагрузку.

Сегодня опасными могут быть такие плохо улетучивающиеся органические вещества:

- хлорированные пестициды и продукты деструкций;
- полициклический ароматический углеводород (например, нафталин, бенз(а)пирен);
- полихлорные бифенилы;

- полихлорные дибензодиоксины и полихлорные дибензофураны.

Ароматические углеводороды, диоксины и фураны в большинстве случаев возникают в процессе сжигания, например, при сжигании древесины, бурого и древесного угля образуются группы этих субстанций и вместе с «классическими» газами CO_2 , CO , NO_x , SO_2 и пылью выбрасываются в окружающую среду. Хлорированные пестициды, которые прежде применялись в жидкой форме или как аэрозоли, также сильно впитываются частичками пыли.

Таким образом, пыль в отходах образует один из важнейших источников втягивания хлорированных пестицидов, полициклического ароматического углеводорода, полихлорных бифенилов, полихлорных дибензодиоксинов и полихлорных дибензофуранов.

Втягивание тяжелых металлов в бытовые отходы происходит, преимущественно, в форме мелких частей металлов и сплавов и частично в виде компактных частиц оксида металла. Органические вредные вещества втягиваются в бытовые отходы преимущественно через пыль, накапливаются в фракциях пыли уличного смета.

Легкие фракции содержат остаточные концентрации тяжелых металлов, которые достаточно низки и не представляют проблем для их вторичной переработки, отобранных из общей массы ТБО селективным методом сбора и механизированной сортировки.

Предпосылкой к эффективным этапам разделения механизированной сортировки для классификации бытовых отходов на фракции «бедные» и «богатые» тяжелыми металлами являются методы подготовки и переработки муниципальных отходов, таких как измельчение, сушка, грохочение, аэросепарация, электромагнитная сепарация.

Основной возможный путь поступления загрязняющих веществ в окружающую среду с полигонов ТБО – гидрохимические потоки, формирующиеся в результате выщелачивания химических элементов из отходов атмосферными осадками и близко залегающими от поверхности грунтовыми водами в момент их высокого подъема.

Таким образом, вокруг полигонов ТБО существует опасность загрязнения окружающей среды за счет выноса загрязняющих веществ свободно высачивающимися фильтрами, а также при контакте атмосферных осадков с субстратами полигонов. Уменьшения экологической опасности можно достичь, прежде всего, недопущением складирования токсичных отходов на полигонах, а также улучшением экологической инфраструктуры полигонов.

Теоретическими и практическими исследованиями установлено:

- термические, механические и биологические методы обработки не эффективны для устранения тяжелых металлов. Неорганические

вредные вещества могут обогащаться в некоторых фракциях, образованных во время применения комплексной переработки ТБО;

- к органическим составляющим вредного вещества относится тот же принцип, что и к чисто механическому методу обработки. При использовании термического или биологического метода возможно превращение вредных органических веществ в менее вредные вещества (например, диоксид углерода), однако как при термическом, так и при биологическом методе возможно образование новых веществ (например, диоксина);
- как правило, механический метод используется для классификации вторичного сырья производства продуктов с низким содержанием вредных веществ из такого исходного материала как бытовые отходы.

1. Крауз П. Анализ вредных веществ, содержащихся в компонентах, образующихся при переработке ТБО по технологии ORFA: Пер. с нем. – Университет органической химии, г. Тюбинген, Швейцария, 1998 г. – 55 с.

2. Хомин В.С. Накопители твердых бытовых отходов как потенциальные источники загрязнения среды // Тр. науч.-техн. конф. «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов». Т. II. – Щелкино, АР Крым, 2001 – С.402-403.

3. Програма розвитку системи поводження з твердими побутовими відходами в м. Харкові. – Харків., 2003. – 30 с.

4. Галкин А. Гибкая упаковка – минимизация затрат // Упаковка. – 2004. – №6. – С.14-15.

Получено 27.04.2005

УДК 697.34

С.Ю.АНДРЕЕВ, канд. техн. наук

КП „Харьковские тепловые сети”

Ф.А.СТОЯНОВ, д-р техн. наук

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ТЭЦ

Рассматриваются задачи оптимального управления энергогенерирующим оборудованием ТЭЦ в течение отопительного сезона.

Работа посвящена актуальной тематике экономии топливно-энергетических ресурсов за счет применения компьютерных технологий управления техническими системами.

За последние годы результаты исследований такого рода приводились в работах [1,2], однако в них задача непосредственного выбора